

PERKIRAAN LAJU EROSI ABU VOLKANIK HASIL ERUPSI GUNUNGAPI MERAPI TAHUN 2010 DI SUB-DAS OPAK YOGYAKARTA

Nurul Faizah
nurul.faiz4h@yahoo.com

Djati Mardiatno
mardiatno@geo.ugm.ac.id

Abstract

Merapi Volcano eruption 2010 produced pyroclastic materials, one of them is volcanic ash. Volcanic ash is easily to be eroded. This research aims to know the volcanic ash erosion rate by using rainfall simulator and Universal Soil Loss Equation (USLE) in various slope steepness and to know corelation between erosion rate and slope steepness. Erosion rate test with rainfall simulator use 30 mm/hour rainfall intensity and 10, 20, 30 degree slope steepness.

The result show that a steeper slope produced more erosion rate. Erosion rate produced by USLE was over estimate since USLE parameters were used partially in rainfall simulator. The calculation result using USLE is 309,83 ton/ha/year. Based on erosion hazard classification, that value include to high classification.

Keywords: erosion, volcanic ash, rainfall simulator, slope steepness

Intisari

Erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 menghasilkan material piroklastik salah satunya abu vulkanik. abu vulkanik merupakan material yang mudah tererosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju erosi abu vulkanik menggunakan rainfall simulator dan USLE dengan kemiringan lereng yang berbeda dan mengetahui korelasi laju erosi dengan kemiringan lereng. Pengujian laju erosi dengan rainfall simulator menggunakan intensitas hujan 30 mm/jam dan kemiringan lereng 10, 20 dan 30 derajat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan lereng, laju erosi abu vulkanik juga semakin besar. Laju erosi abu vulkanik yang dihasilkan USLE jika dibandingkan dengan rainfall simulator karena beberapa kelemahan USLE yang mengakibatkan over estimate dan tidak semua parameter USLE digunakan pada rainfall simulator. Hasil perhitungan laju erosi abu vulkanik di SubDAS Opak menggunakan USLE adalah 309,83 ton/ha/tahun. Berdasarkan klasifikasi bahaya erosi, laju erosi tersebut termasuk dalam klasifikasi tinggi.

Kata kunci: erosi, abu vulkanik, rainfall simulator, kemiringan lereng,

PENDAHULUAN

Gunungapi Merapi merupakan gunungapi yang paling aktif di dunia (Pratomo, 2006). Gunungapi Merapi mengeluarkan material piroklastik yang terdiri dari abu, pasir, kerikil dan batu (Bourdier dan Abdurrahman, 2001). Menurut Lavigne *et. al* (2000), hujan yang dapat mengakibatkan terjadinya lahar adalah hujan dengan intensitas lebih dari 40 mm dalam durasi hujan 2 jam. Jika terjadi hujan dengan intensitas tinggi pada daerah puncak, maka endapan piroklastik bercampur dengan air membentuk aliran debris (*debris flow*) yang bergerak menuruni lereng. Massa jenis yang besar, lereng yang curam serta pengaruh gaya gravitasi membuat aliran massa mengalami percepatan. Hal tersebut mengakibatkan aliran ini mempunyai daya rusak yang besar dan mampu merusak apapun yang dilewati termasuk infrastruktur umum.

Erupsi gunungapi Merapi menghasilkan material piroklastik berupa batu, kerikil, pasir dan abu. Abu vulkanik adalah material yang paling mudah tererosi dibandingkan material yang lain karena teksturnya paling halus dan strukturnya lepas-lepas. Proses erosi dipengaruhi oleh faktor erosivitas hujan, erodibilitas tanah, panjang lereng, kemiringan lereng, pengelolaan tanaman, dan usaha konservasi tanah. Kemiringan lereng akan berpengaruh terhadap energi air untuk mengangkut tanah hasil erosi. Semakin curam lereng maka jumlah butir-butir tanah yang terpercik ke bawah oleh pukulan butiran hujan juga akan semakin banyak sehingga penambahan volume

lahar akibat abu vulkanik semakin besar. Volume lahar yang besar akan menambah daya rusak lahar.

Kerugian yang diakibatkan endapan abu vulkanik cukup banyak. Namun, di sisi lain abu vulkanik merupakan media yang baik untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Shoji *et. al* (1993), tanah yang berasal dari abu vulkanik merupakan tanah yang sangat produktif sehingga memiliki daya dukung yang baik bagi masyarakat yang tinggal di sekitarnya terutama yang bekerja pada bidang pertanian. Hal ini dibuktikan dengan kenyataan bahwa sebagian besar lereng Gunungapi Merapi digunakan sebagai lahan pertanian penduduk.

Endapan abu vulkanik hasil Erupsi Merapi tahun 2010 memiliki sortasi yang baik dari atas hingga bawah. Pada bagian atas, material yang terendap mempunyai tekstur yang halus dan berangsur menjadi lebih kasar ke bagian bawah. Jika lapisan yang bertekstur halus tererosi, maka pembentukan tanah akan lebih lama karena pelapukan material yang lebih kasar lebih sulit dibandingkan dengan material halus. Jika tidak segera dilakukan konservasi pada lahan tersebut maka lama kelamaan lapisan abu yang subur akan tererosi. Oleh karena itu, kajian mengenai prediksi erosi yang akan terjadi sangat diperlukan untuk memperkirakan erosi yang akan terjadi jika pengelolaan tanah tidak segera dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperkirakan laju erosi abu vulkanik di Sub-DAS Opak dengan permodelan variasi kemiringan lereng dan mengetahui korelasi diantara keduanya serta membandingkan laju

erosi metode *rainfall simulator* dan *Universal Soil Loss Equation* (USLE).

Erosi merupakan salah satu masalah umum yang terjadi di negara Indonesia sebagai daerah tropis yang memiliki curah hujan yang tinggi. Menurut Arsyad (1989), erosi adalah hilangnya atau terkikisnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang diangkut oleh air atau angin ke tempat yang lain. Erosi menyebabkan kerusakan tanah akibat hilangnya lapisan tanah atas yang subur terutama untuk pertanian. Dampak erosi tidak hanya berpengaruh pada daerah tempat terjadinya erosi, tetapi juga dapat berpengaruh terhadap daerah lain tempat hasil erosi diendapkan.

Erosi adalah fungsi dari faktor iklim, topografi, vegetasi dan manusia yang terhadap tanah yang dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$E = f(i, r, v, t, m) \dots\dots\dots (1)$$

E erosi, i iklim, r topografi v vegetasi, t tanah dan m manusia.

Wischmeier dan Smith (1978) merumuskan suatu persamaan umum kehilangan tanah yang dikenal dengan persamaan USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dengan formula:

$$A = RKLSCP \dots\dots\dots (2)$$

A merupakan laju erosi tanah. Parameternya adalah faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS). Pada penelitian ini tidak menggunakan parameter faktor pengelolaan tanaman (C) dan faktor konservasi tanah (P) sehingga nilai keduanya dianggap satu.

METODE PENELITIAN

Daerah Penelitian

Daerah penelitian adalah Sub-DAS Opak (Gambar 1) yang terdapat di Kabupaten Sleman bagian timur. Menurut penelitian Suriadikarta dkk (2011), daerah ini merupakan daerah yang terkena dampak langsung erupsi Merapi. Ketebalan abu vulkanik yang mengendap pada wilayah ini sangat tebal antara 10-30 cm.

Pengukuran Intensitas Hujan

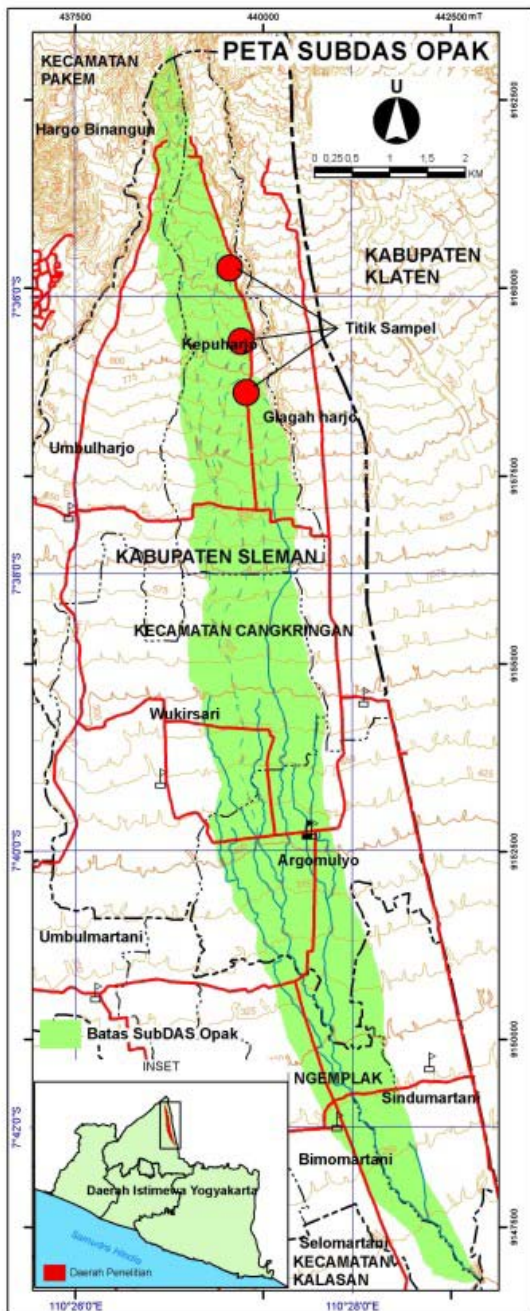
Percobaan dilakukan pada kemiringan lereng 10° dan 20° dengan intensitas hujan yang tetap sebesar 30 mm/jam. Pengukuran intensitas hujan ini dilakukan dengan cara coba-coba dengan merubah debit, kecepatan putaran dan *nozzle* yang dipakai. Butir-butir hujan yang jatuh ditampung pada kontainer yang sudah diketahui luasnya (A) sehingga diketahui volume (V) dan waktu (t).

$$I = V / (A \times t) \times 600 \dots\dots\dots (3)$$

Percobaan dilakukan berulang-ulang hingga mendapatkan intensitas hujan yang diinginkan yaitu 30 mm/jam dengan pertimbangan bahwa proses erosi mulai terjadi pada intensitas hujan 30 mm/jam.

Analisa Butiran Hujan

Pengukuran dilakukan dengan melewati kertas saring yang sudah dilapisi dengan serbuk *Methylene Blue* di bawah *rainfall simulator* secara cepat. Dengan mengalikan volume butiran hujan, jumlah dan berat jenisnya maka diperoleh massa hujan buatan. Massa hujan buatan penelitian ini adalah 16.358,53 gr.10⁻⁶.



Gambar 1. Daerah Penelitian

Penentuan Erosivitas Hujan

Faktor erosivitas hujan (R) diperoleh dari persamaan :

$$R = EI_{30} \times h \dots\dots\dots (4)$$

R merupakan erosivitas hujan (J/m^2), $1 \text{ ton.m/ha} = 9,81 \text{ kJ}$ (Arsyad, 1989) dan $1 \text{ J/m}^2 = 0,01 \text{ ton/ha}$ (Morgan, 2005). EI_{30} adalah interaksi energi dengan intensitas hujan maksimum 30 menit ($J/m^2/mm$) dan h tebal hujan (mm).

EI_{30} adalah interaksi energi dengan intensitas hujan masimum selama 30 menit yang diperoleh dari persamaan:

$$EI_{30} = E (I_{30} \times 10^{-2}) \dots\dots\dots (5)$$

E adalah energi kinetik hujan (J/m^2), I_{30} adalah intensitas hujan maksimum selama 30 menit (mm/jam).

Energi kinetik hujan buatan (E) diperoleh dari persamaan:

$$E = \frac{1}{2} \times m \times v^2 \dots\dots\dots (6)$$

m adalah massa butiran hujan buatan ($kg.10^{-6}$) dan v kecepatan jatuh butiran hujan (m/detik). Energi kinetik hujan yang diperoleh dari hujan buatan adalah $18,626 \text{ joule/m}^2/mm$.

Tebal hujan (h) diperoleh dari persamaan :

$$h = V / A \dots\dots\dots (7)$$

V adalah volume hujan (cm^3) dan A adalah luas kontainer (cm^2), dalam penelitian ini $A = 45,36 \text{ cm}^2$.

Volume hujan (V) diperoleh dari persamaan :

$$V = (I \times A \times t) / 600 \dots\dots\dots (8)$$

I adalah intensitas hujan (mm/jam), dalam penelitian ini $I = 30,75 \text{ mm/jam}$, A luas kontainer (cm^2) dan t waktu hujan (menit).

Penentuan Faktor Erodibilitas Abu Vulkanik

Faktor erodibilitas dipengaruhi oleh tekstur, struktur, bahan organik dan permeabilitas. Erodibilitas abu vulkanik diperoleh dari persamaan:

$$K = (1,292 [2,1 M^{1,14} (10^{-4}) (12 - a) + 3,25 (b - 2) + 2,5 (c - 3)]) / 100 \dots (9)$$

M adalah persen fraksi pasir sangat halus (diameter 0,1-0,05 mm) dan fraksi debu (diameter 0,05-0,2 mm) \times (100 – persen fraksi lempung), a adalah persen bahan organik, b adalah harkat struktur dan c adalah harkat permeabilitas.

Persamaan tersebut digunakan jika kandungan debu dan pasir sangat halus kurang dari 70 persen. Apabila kandungan pasir halus dan debu lebih dari 70 persen, maka penentuan erodibilitas menggunakan nomograf erodibilitas.

Penentuan Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) diperoleh dari persamaan:

$$LS = x^{0,5} (0,0138 + 0,00965s + 0,00138s^2) \dots \dots \dots (10)$$

x adalah panjang lereng (m) dan s kemiringan lereng (%).

Persamaan tersebut digunakan jika kemiringan lereng kurang dari 20 persen. Apabila kemiringan lereng lebih dari 20 persen, maka penentuan faktor LS menggunakan persamaan :

$$LS = (L / (22,1))^{0,6} \times (S / 9)^{1,4} \dots \dots \dots (11)$$

L adalah panjang lereng (m) dan S adalah kemiringan lereng (%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Laju Erosi Abu Vulkanik

Laju erosi dipengaruhi oleh kemiringan lereng, semakin curam lereng maka laju erosi akan semakin besar. Kemiringan lereng berperan dalam mempercepat aliran air di atasnya sehingga energi untuk mengangkut material yang dilaluinya semakin besar. Pengaruh kemiringan lereng terhadap laju erosi digambarkan dengan persamaan regresi kuadrat terkecil. Regresi kuadrat terkecil dipilih karena data memiliki simpangan yang cukup besar sehingga kurva yang terbentuk merupakan kurva tunggal yang mewakili tren data sehingga kurva tidak dipaksakan melewati semua titik, melainkan mengikuti pola dari kelompok data. Secara umum, erosi terukur semakin besar seiring dengan bertambahnya kemiringan lereng.

Penentuan Erosivitas Hujan

Salah satu variabel yang digunakan untuk menghitung laju erosi adalah faktor erosivitas hujan. Durasi hujan mempengaruhi kedalaman hujan dan volume hujan. Semakin lama hujan yang terjadi, maka nilai erosivitas hujan juga semakin besar. Hasil perhitungan erosivitas disajikan dalam Tabel 1. Dari percobaan yang dilakukan, nilai erosivitas terendah yang diperoleh adalah 3,46 ton/ha dan nilai yang tertinggi adalah 7,95 ton/ha.

Tabel 1. Erosivitas Hujan

No	Kemiringan Lereng (°)	Erosivitas Hujan [R] (ton/ha)		
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	10	4,15	5,17	4,66
2	10	4,03	7,95	4,56
3	10	4,12	7,76	4,97
4	10	3,95	7,57	4,69
5	10	4,23	7,91	4,86
6	20	3,76	7,30	4,30
7	20	3,64	7,16	4,52
8	20	3,97	7,51	4,45
9	20	3,83	7,03	4,68
10	20	3,87	7,25	4,54
11	30	3,66	7,02	4,02
12	30	3,55	7,02	3,94
13	30	3,68	6,88	3,90
14	30	3,46	7,00	3,82
15	30	3,65	6,93	3,95

Penentuan Faktor Erodibilitas Abu Vulkanik

Faktor erodibilitas abu vulkanik menentukan kepekaannya terhadap erosi. Semakin besar nilai faktor erodibilitas maka abu vulkanik semakin mudah tererosi. Nilai erodibilitas abu vulkanik diperoleh dari nomograf erodibilitas. Sifat fisik abu vulkanik yang berpengaruh terhadap erodibilitas adalah persen debu dan pasir halus, persen pasir (0,10-2,0 mm), persen bahan organik, struktur, dan permeabilitas abu vulkanik. Erodibilitas abu vulkanik sampel 1 hingga sampel 3 disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Erodibilitas Abu Vulkanik

No. Sampel	K	Tingkat Erodibilitas
1	0,6	sangat tinggi
2	0,61	sangat tinggi
3	0,63	sangat tinggi

Penentuan Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Panjang lereng berpengaruh terhadap percepatan aliran air dalam proses erosi, semakin besar nilai panjang lereng maka erosi akan semakin besar. Dari faktor lereng, kemiringan lereng merupakan yang paling berpengaruh dalam proses erosi. Kemiringan lereng berperan dalam menentukan kecepatan aliran. Semakin curam maka kecepatan aliran air menuruni lereng semakin besar, akibatnya energi untuk mengikis dan mengangkut material yang dilaluinya semakin besar. Panjang lereng yang digunakan adalah 0,5 meter, dan kemiringan lereng yang digunakan adalah 10 derajat, 20 derajat dan 30 derajat. Nilai faktor LS disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng (°)	Kemiringan lereng (%)	LS
10	22,22	0,36
20	44,44	0,96
30	66,67	1,70

Perbandingan Laju Erosi Abu Vulkanik Metode *Rainfall Simulator* dan USLE

Hasil pengukuran erosi aktual biasanya lebih kecil daripada dengan erosi menggunakan persamaan USLE. Hal ini disebabkan pada pengukuran erosi menggunakan persamaan USLE

banyak faktor yang menyebabkan adanya *over estimate* perhitungan. Persamaan USLE menggunakan hanya 5 faktor sehingga model yang dibuat terlalu sederhana, faktor yang menghambat laju sedimen tidak diperhitungkan. Selain itu, persamaan USLE dibuat untuk tanah-tanah di Amerika yang kondisi geografisnya berbeda dengan Indonesia. Skala yang digunakan juga hanya ideal untuk plot, jika di konversi ke ukuran DAS maka simpangan terlalu besar. Perbandingan laju erosi metode *rainfall simulator* dan USLE disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Laju Erosi Abu Vulkanik Metode *Rainfall simulator* dan USLE

No	Kemiringan Lereng (°)	Laju Erosi (ton/ha)					
		Sampel 1		Sampel 2		Sampel 3	
		<i>rainfall simulator</i>	USLE	<i>rainfall simulator</i>	USLE	<i>rainfall simulator</i>	USLE
1	10	0,14	0,90	0,04	1,14	0,32	1,06
2	10	0,19	0,87	0,23	1,75	0,33	1,03
3	10	0,14	0,89	0,14	1,70	0,35	1,13
4	10	0,17	0,85	0,11	1,66	0,23	1,06
5	10	0,06	0,91	0,14	1,74	0,21	1,10
6	20	0,62	2,17	0,45	4,27	0,56	2,60
7	20	0,23	2,09	0,38	4,19	0,57	2,74
8	20	0,49	2,29	0,24	4,40	0,36	2,69
9	20	0,65	2,21	0,40	4,12	0,50	2,83
10	20	0,58	2,23	0,29	4,25	0,77	2,75
11	30	0,76	3,73	3,00	7,28	1,58	4,30
12	30	6,61	3,63	1,30	7,28	1,62	4,21
13	30	2,99	3,75	0,76	7,13	1,52	4,17
14	30	3,30	3,53	7,28	7,25	0,95	4,09
15	30	1,76	3,72	4,98	7,18	1,73	4,23

Laju Erosi Abu Vulkanik SubDAS Opak

Endapan abu vulkanik yang terdapat di SubDAS Opak tersebar di

seluruh wilayah dengan ketebalan yang berbeda. Namun, yang menjadi kajian dalam penelitian ini adalah abu yang tebal yaitu tempat endapan awan

panas. Endapan awan panas di SubDAS Opak seluas 5,61 km² atau 30% dari luas SubDAS keseluruhan. Perkiraan laju erosi abu vulkanik pada endapan awan panas pada SubDAS Opak dengan perhitungan USLE.

Berdasarkan pada parameter-parameter USLE yang telah diperoleh, maka laju erosi di SubDAS Opak adalah 309,83 ton/ha/th. Berdasarkan klasifikasi bahaya erosi, laju erosi tersebut termasuk dalam klasifikasi tinggi.

KESIMPULAN

1. Semakin besar kemiringan lereng, maka semakin besar pula erosi abu vulkanik yang dihasilkan
2. Pengukuran laju erosi abu vulkanik menggunakan persamaan USLE lebih besar daripada metode *rainfall simulator*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1998. *Instruction Manual Rainfall Simulator*. Armfield Ltd, Hampshire. England.
- Arsyad, Sitanala. 1989. *Konservasi Tanah dan Air Cetakan Kedua*. Bogor : Penerbit IPB.
- Asdak, Chay. 2001. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Attamami, Masduki, dan Rusqiyati, Eka Arifa. 2011. Menanti Habisnya Material Erupsi Merapi. *Bernas Jogja*, 31 Januari 2011 hal. 4.
- Bourdier, J. L. dan Abdurachman, E. K. 2001. Decoupling of small-volume pyroclastic flows and related hazards at Merapi volcano, Indonesia. *Bull Volcano*, 63 : 309 – 325.
- Hudson, N. 1973. *Soil Conservation (Third Edition)*. New York : Cornell University Press.
- Lavigne F., Thouret J.C., Voight B., Suwa H. dan Sumaryono A. 2000. Lahar at Merapi volcano: an overview. In: Voight B. (ed.), *Merapi Volcano, Central Java. Journal of Volcanology and Geothermal Research (in press)*.
- Morgan, R.P.C. 2005. *Soil Erosion and Conservation, Third Edition*. Oxford. Blackwell Science Ltd.
- Pratomo, Indyo. 2006. Klasifikasi Gunungapi Aktif Indonesia, Studi Kasus dari Beberapa Letusan Gunungapi dalam Sejarah. *Jurnal Geologi Indonesia*, 4, 209-227.
- Ries, J.B. dan Iserloh, T. 2012. Rainfall Simulation: Methods, Research Questions and Challenges. *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 14, EGU2012-13866, 2012
- Shoji, S., M. Nanzyo, dan R. Dahlgren. 1993. Productivity and Utilization of Volcanic Ash Soils. *Developments in Soil Science*. Volume 21 : 209-251.
- Sudaryo dan Sutjipto. 2009. Identifikasi dan Penentuan Logam pada Tanah Vulkanik di Daerah Cangkringan Kabupaten Sleman dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat, dalam : *Proceeding Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir*, Yogyakarta, 5 November 2009.
- Suriadikarta, D.A., Abbas, A., Erfandi, D., Santoso, E., dan Kasno, A. 2011. *Identifikasi Sifat Kimia Abu Vulkan, Tanah dan Air di Lokasi Dampak Letusan Gunung Merapi*. Bogor : Balai Penelitian Tanah.
- Wischmeier and Smith. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses*. USDA Agr. Serv. Handbook 537.